

УДК 621.91

Є. В. МИРОНЕНКО, д-р техн. наук,
В. В. КАЛІНІЧЕНКО, канд. техн. наук,
Д. Є. ГУЗЕНКО, Краматорськ, Україна

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ РІЗЦІВ З ТВЕРДОСПЛАВНИМИ РІЗАЛЬНИМИ ПЛАСТИНАМИ ЗІ ЗНОСОСТІЙКИМИ ПОКРИТТЯМИ ПРИ НАПІВЧИСТОВІЙ ОБРОБЦІ ВАЛКІВ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

У статті наведені результати стійкісних випробувань токарних різців з твердосплавними різальними пластинами зі зносостійкими покриттями різних фірм-виробників в умовах напівчистої обробки сталевих валків прокатних станів з великими діаметрами бочки. На підставі аналізу результатів стійкісних випробувань визначені марки твердих сплавів, найбільш перспективні для використання у досліджуваній області обробки.

Ключові слова: валок прокатного стану, напівчистове точіння, різець, твердосплавна різальна пластина, зносостійке покриття, зношування, стійкісні випробування

В статье приведены результаты стойкостных испытаний токарных резцов с твердосплавными режущими пластинами с износостойкими покрытиями различных фирм-производителей в условиях получистовой обработки стальных валков прокатных станов с большими диаметрами бочки. На основании анализа результатов стойкостных испытаний определены марки твердых сплавов, наиболее перспективные для применения в исследуемой области обработки.

Ключевые слова: валок прокатного стана, получистовое точение, резец, твердосплавная режущая пластина, износостойкое покрытие, изнашивание, стойкостные испытания

In the article results of durability tests of cutting tools with hard-alloy cutting plates with wearproof coatings from different manufacturers in a semifinish turning of steel mill rolls with large roll barrel diameters are presented. On the basis of analysis of durability tests results the most prospected hard alloy grades for application in the studied processing area are determined.

Keywords: mill roll, semifinish turning, cutting tool, hard alloy cutting plate, wearproof coating, wear, durability tests

Вступ. Постановка проблеми

Токарна обробка валків прокатних станів характеризується значною питомою часткою часу в структурі загальної трудомісткості виготовлення валків. Тому підвищення ефективності токарної обробки прокатних валків є актуальною науково-практичною задачею, що стоїть перед підприємствами-виробниками прокатного обладнання. У ході технічного переоснащення виробництва прокатних валків на підприємствах галузі повною мірою постає проблема ефективного інструментального забезпечення токарної обробки. Зокрема, при токарній обробці сталевих прокатних валків все частіше використовуються різці з твердосплавними різальними пластинами зі зносостійкими покриттями виробництва провідних світових фірм-

виробників інструменту («Sandvik Coromant», «Kennametal», «Toshiba Tungaloy», «Pramet», «Iscar» та ін.). Особливості технологічного процесу виготовлення прокатних валків часто вимагають використання таких різців не тільки на чистових операціях, але й на операціях напівчистої токарної обробки. Відтак вивчення та наукове обґрунтування можливостей ефективної напівчистої токарної обробки сталевих валків прокатних станів різцями з твердосплавними різальними пластинами зі зносостійкими покриттями має велике практичне значення для підприємств галузі. При цьому вирішення проблеми підвищення ефективності напівчистої токарної обробки прокатних валків повинно мати комплексний характер та передбачати забезпечення високих показників стійкості різців та енергоефективності процесу обробки при дотриманні жорстких вимог до технологічних характеристик деталей. Наведені в даній статті результати досліджень належать до проблематики токарної обробки прокатних валків з великими діаметрами бочки.

Аналіз досліджень та публікацій з проблеми, що розглядається

Валки прокатних станів з великими діаметрами бочки валка є характерними деталями важкого машинобудування. Приклади характеристик деяких сталевих валків прокатних станів виробництва ПАТ НКМЗ (м. Краматорськ) з великими діаметрами бочки валка (за даними роботи [1]) наведені в таблиці 1. У структурі технологічних процесів виготовлення подібних деталей переважає токарна обробка на важких та великих верстатах, причому близько 70 % часу витрачається на точіння зовнішніх циліндричних поверхонь [2].

Таблиця 1 – Характеристики деяких валків прокатних станів виробництва ПАТ НКМЗ (м. Краматорськ) (за даними роботи [1])

Габаритні розміри валків (діаметр бочки×довжина бочки×довжина деталі), мм	Маса валків, т	Матеріал валків	Твердість бочки та шийок	Точність валків	Шорсткість поверхні
1600×2700×6700 1500×2500×6300 1400×2000×5500 1200×1200×5000 1100×1500×4800	12–60	Сталь 50, 50ХН, 60ХН, 75Х2МФ, 75ХМФ, 90ХФ, 70Х3ГНМФ та ін.	Бочки та шийок до <i>HB</i> 320; бочки від <i>HSD</i> 60 до <i>HSD</i> 85; шийок від <i>HSD</i> 30 до <i>HSD</i> 55	Биття бочки та шийок від 0,02 мм до 0,005 мм	Від R_a 3,2 мкм до R_a 0,4 мкм

Аналіз виробничої технології токарної обробки сталевих прокатних валків з великими діаметрами бочки валка дозволив виділити її основні специфічні особливості, зокрема:

- значні величини та нерівномірний характер припуску на обробку, що обумовлює високі силові навантаження в зоні різання;
- технологічні проблеми, обумовлені невисоким рівнем оброблюваності багатьох з використовуваних у якості матеріалу валка сталей;
- значна довжина бочки валка, при якій тривалість обточування циліндричної поверхні бочки на прохід може значно перевищувати період стійкості різальної пластини, що ускладнює або унеможливує обробку бочки за один прохід без заміни пластини;
- великі значення потужності електродвигуна привода головного руху (ПГР) верстата, що обумовлює високий рівень абсолютних витрат (втрат) енергії при заданому значенні питомих витрат (втрат);
- великі втрати електроенергії при роботі електродвигуна ПГР верстата на холостому ході під час заміни різальної пластини (різцевого блоку) внаслідок відмови.

Одним з найперспективніших напрямів підвищення ефективності процесів механічної обробки є використання різальних інструментів зі зносостійкими покриттями [3–7]. Твердосплавні різальні інструменти зі зносостійким покриттям широко використовуються при чистовій обробці деталей, в тому числі у важкому машинобудуванні. Разом з тим, різці з твердосплавними різальними пластинами зі зносостійким покриттям знаходять все ширше використання і при напівчистовій, і навіть при чорновій токарній обробці деталей важкого машинобудування, у тому числі прокатних валків з великими діаметрами бочки валка [8–10].

Огляд невирішених частин проблеми

В наш час підприємства важкого машинобудування мають широкий вибір твердосплавних інструментів зі зносостійкими покриттями різних фірм-виробників. Разом з тим, сфера раціонального використання кожної конкретної марки твердого сплаву з покриттям дуже обмежена. Для напівчистої токарної обробки прокатних валків з великими діаметрами бочки використовують тверді сплави з покриттям, що входять до груп використання P05–P15 (рідше P20–P30) за стандартом ISO 513. Втім, далеко не всі марки твердих сплавів з перерахованих груп використання демонструють задовільні результати роботи у реальних виробничих умовах. Вказані обставини вимагають проведення стійкісних випробувань різців з твердосплавними різальними пластинами зі зносостійкими покриттями різних фірм-виробників, на підставі результатів яких мають бути сформульовані рекомендації з раціонального вибору та використання досліджуваних марок твердих сплавів.

Мета статті – аналіз результатів стійкісних випробувань токарних різців з твердосплавними різальними пластинами зі зносостійкими покриттями різних фірм-виробників при напівчистовій обробці сталевих валків прокатних станів з великими діаметрами бочки та формування рекомендацій з раціонального вибору марок твердих сплавів для досліджуваної області обробки.

Основна частина

Для досягнення поставленої мети досліджень на базі ПАТ НКМЗ (м. Краматорськ) були проведені стійкісні випробування токарних різців з твердосплавними різальними пластинами відомих фірм-виробників («Sandvik Coromant», «Pramet», «Stellram», «Iscar», «Toshiba Tungaloy», «Mitsubishi») при поздовжньому напівчистовому точінні валків прокатних станів у діапазоні діаметрів бочки 521...1300 мм (матеріали валків – леговані сталі 90ХФ, 70ХЗГНМФ, 65Х2С3М) (основні результати проведених випробувань були систематизовані у роботі [10]). Випробувані різці оснащувались різальними пластинами форми CNMG 190616 різних конструктивних виконань. Склад зносостійкого покриття, властивості та належність твердого сплаву до груп використання за стандартом ISO 513 для досліджуваних марок твердих сплавів визначались за інформацією каталогів фірм-виробників та електронних ресурсів [11–15]. Режими різання відповідали напівчистовій обробці валків прокатних станів заданого розмірного діапазону. Використовувалась загальноприйнята методика випробувань. Випробування припинялись при досягненні часу роботи різця, що дорівнює 15 хвилинам, або ж при досягненні критичного зносу різальної пластини, якщо він настає менш ніж за 15 хвилин роботи різця.

Умови проведення та результати стійкісних випробувань досліджуваних різців при обробці різних прокатних валків наведені в таблицях 2-5. Марка твердого сплаву в цих таблицях вказується в кінці умовного позначення різальної пластини.

Аналіз результатів стійкісних випробувань показав, що найменша інтенсивність зношування інструменту при напівчистовому точінні прокатного валка зі сталі 90ХФ з діаметром бочки валка \varnothing 1254 мм (таблиця 2) спостерігається у різальній пластини CNMG 190616-QM GC4005 (виробник – «Sandvik Coromant»), знос якої за підсумками 15 хвилин роботи різця склав 0,25 мм, і у пластини CNMG 190616-PR GC4225 того ж виробника, знос якої за підсумками 15 хвилин роботи різця склав 0,3 мм. Інтенсивніше зношувалась різальна пластина CNMG 190616E-M 6610 (виробник – «Pramet»); величина її зносу за 15 хвилин роботи склала 0,34 мм. Інші досліджувані різальні пластини досягли критичного зносу менш ніж за 15 хвилин роботи різця; їхні стійкісні характеристики на даному етапі досліджень не можуть бути визнані задовільними.

Таблиця 2 – Результати стійкісних випробувань токарних різців з твердосплавними пластинами різних фірм-виробників при поздовжньому напівчистовому точінні прокатного валка $\varnothing 1254$ мм зі сталі 90ХФ

Умови проведення стійкісних випробувань			
Оброблювана деталь, діаметр бочки валка		Валок прокатного стану, Ø 1254 мм	
Матеріал оброблюваної деталі (твердість)		Сталь 90ХФ (НВ 240)	
Режими різання		t = 2,0–4,0 мм, S = 0,4 мм/об, n = 38 об/хв, V = 150 м/хв	
Різальний інструмент	Тримач різця	PCBNL 3232 R19	
	Різальна пластина (фірма- виробник)	CNMG 190616-PR GC4225 («Sandvik Coromant»)	
		CNMG 190616-PM GC4025 («Sandvik Coromant»)	
		CNMG 190616-QM GC4005 («Sandvik Coromant»)	
		CNMG 190616E-M 6630 («Pramet»)	
		CNMG 190616E-M 6610 («Pramet»)	
		CNMG 190616-TH T9025 («Toshiba Tungaloy»)	
		CNMG 190616-TH T5020 («Toshiba Tungaloy»)	
		CNMG 190616-4T NL25 («Stellram»)	
Результати стійкісних випробувань			
Фірма-виробник різальної пластини	Різальна пластина	Час роботи, хв	Знос різальної пластини, мм
«Sandvik Coromant»	CNMG 190616-QM GC4005	15	0,25
«Pramet»	CNMG 190616E-M 6610	15	0,34
« Sandvik Coromant»	CNMG 190616-PR GC4225	15	0,3
«Stellram»	CNMG 190616-4T NL25	14,45	Критичний знос
«Toshiba Tungaloy»	CNMG 190616-TH T5020	13,85	
«Sandvik Coromant»	CNMG 190616-PM GC4025	13,63	
«Toshiba Tungaloy»	CNMG 190616-TH T9025	7,87	
«Pramet»	CNMG 190616E-M 6630	7,63	

При напівчистовому точінні прокатного валка зі сталі 70ХЗГНМФ з діаметром бочки валка $\varnothing 1300$ мм (таблиця 3) всі досліджувані різальні пластини продемонстрували високу інтенсивність зношування, досягнувши критичного зносу менш ніж за 10 хвилин роботи різця. Серед іншого це пояснюється низькою оброблюваністю сталі 70ХЗГНМФ у порівнянні

Таблиця 3 – Результати стійкісних випробувань токарних різців з твердосплавними пластинами різних фірм-виробників при поздовжньому напівчистовому точінні прокатного валка $\varnothing 1300$ мм зі сталі 70X3ГНМФ

Умови проведення стійкісних випробувань			
Оброблювана деталь, діаметр бочки валка		Валок прокатного стану, Ø 1300 мм	
Матеріал оброблюваної деталі (твердість)		Сталь 70Х3ГНМФ (НВ 260...300)	
Режими різання		t = 2,0–7,0 мм, S = 0,4 мм/об, n = 40 об/хв, V = 163,4 м/хв	
Різальний інструмент	Тримач різця	PCBN R19 (ламельний блок супорта для верстатів з ЧПК)	
	Різальна пластина (фірма- виробник)	CNMG 190616-PR GC4225 («Sandvik Coromant»)	
		CNMG 190616-NR 907 («Iscar»)	
		CNMG 190616-MH UE6020 («Mitsubishi»)	
		CNMG 190616E-NR 6620 («Pramet»)	
Результати стійкісних випробувань			
Фірма-виробник різальної пластини	Різальна пластина	Час роботи, хв	Знос різальної пластини, мм
«Sandvik Coromant»	CNMG 190616-PR GC4225	9,18	Критичний знос
«Pramet»	CNMG 190616E-NR 6620	8,2	
«Iscar»	CNMG 190616-NR 907	5,7	
«Mitsubishi»	CNMG 190616-MH UE6020	4,5	

зі сталлю 90ХФ. Більш низьку у порівнянні з іншими різальними пластинами інтенсивність зношування продемонстрували різальні пластини CNMG 190616-PR GC4225 виробництва фірми «Sandvik Coromant» (критичний знос настав через 9,18 хвилини) та CNMG 190616E-NR 6620 виробництва фірми «Pramet» (критичний знос настав через 8,2 хвилини).

Напівчистове точіння прокатного валка зі сталі 65X2C3М з діаметром бочки валка $\varnothing 521$ мм здійснювалось на двох різних комбінаціях режимів різання: $t = 3,0$ мм, $S = 0,3$ мм/об, $n = 100$ об/хв, $V = 164$ м/хв (таблиця 4) та $t = 1,0\text{--}6,0$ мм, $S = 0,4$ мм/об, $n = 90$ об/хв, $V = 147$ м/хв (таблиця 5). Результати стійкісних випробувань різців знову свідчать про найменшу інтенсивність зношування у різальних пластин виробництва фірми «Sandvik Coromant». У першому випадку знос пластини CNMG 190616-PM GC4015 за 15 хвилин роботи різця склав 0,22 мм. У другому випадку знос пластини CNMG 190616-PR GC4225 склав 0,7 мм за 15 хвилин роботи різця. Така значна величина зносу різальної пластини у другому випадку пояснюється,

Таблиця 4 – Результати стійкісних випробувань токарних різців з твердосплавними пластинами різних фірм-виробників при поздовжньому напівчистовому точінні прокатного валка $\varnothing 521$ мм зі сталі 65X2C3M (режими різання: $t = 3,0$ мм, $S = 0,3$ мм/об, $n = 100$ об/хв, $V = 164$ м/хв)

Умови проведення стійкісних випробувань			
Оброблювана деталь, діаметр бочки валка		Валок прокатного стану, Ø 521 мм	
Матеріал оброблюваної деталі (твердість)		Сталь 65X2C3M (HB 240)	
Режими різання		t = 3,0 мм, S = 0,3 мм/об, n = 100 об/хв, V = 164 м/хв	
Різальний інструмент	Тримач різця	PCBN R19 (ламельний блок супорта для верстатів з ЧПК)	
	Різальна пластина (фірма- виробник)	CNMG 190616-PM GC4015 («Sandvik Coromant»)	
		CNMG 190616E-M 6610 («Pramet»)	
		CNMG 190616-4T NL25 («Stellram»)	
		CNMG 190616-2N NL25 («Stellram»)	
Результати стійкісних випробувань			
Фірма-виробник різальної пластини	Різальна пластина	Час роботи, хв	Знос різальної пластини, мм
«Sandvik Coromant»	CNMG 190616-PM GC4015	15	0,22
«Pramet»	CNMG 190616E-M 6610	11,5	Критичний знос
«Stellram»	CNMG 190616-4T NL25	10	
«Stellram»	CNMG 190616-2N NL25	6,73	

серед іншого, інтенсивними режимами різання та невисокими показниками оброблюваності сталі 65X2C3M. Інші досліджувані при точінні цієї сталі різальні пластини досягли критичного зносу менш ніж за 15 хвилин роботи різця; їхні стійкісні характеристики на даному етапі досліджень не можуть бути визнані задовільними.

Визначальним фактором, що впливає на інтенсивність зношування інструменту при напівчистовій токарній обробці сталевих прокатних валків, в нашому випадку є властивості використовуваних марок твердих сплавів. Узагальнююча оцінка показників інтенсивності зношування досліджуваних різальних пластин при напівчистовому точінні бочок прокатних валків з різних сталей, а також критичний аналіз інформації джерел [11–15] дозволили виділити у якості перспективних наступні марки твердих сплавів:

– твердий сплав GC4225 виробництва фірми «Sandvik Coromant», що має міцну градієнтну структуру та зносостійке покриття, отримане методом CVD,

Таблиця 5 – Результати стійкісних випробувань токарних різців з твердосплавними пластинами різних фірм-виробників при поздовжньому напівчистовому точінні прокатного валка Ø 521 мм зі сталі 65X2C3M (режими різання: $t = 1,0\text{--}6,0$ мм, $S = 0,4$ мм/об, $n = 90$ об/хв, $V = 147$ м/хв)

Умови проведення стійкісних випробувань			
Оброблювана деталь, діаметр бочки валка		Валок прокатного стану, Ø 521 мм	
Матеріал оброблюваної деталі, твердість		Сталь 65X2C3M (HB 240)	
Режими різання		t = 1,0–6,0 мм, S = 0,4 мм/об, n = 90 об/хв, V = 147 м/хв	
Різальний інструмент	Тримач різця	PCBN R19 (ламельний блок супорта для верстатів з ЧПК)	
	Різальні пластини (фірма- виробник)	CNMG 190616-PR GC4225 («Sandvik Coromant»)	
		CNMG 190616E-M 6630 («Pramet»)	
		CNMG 190616-4T NL25 («Stellram»)	
		CNMG 190616-4T NL30 («Stellram»)	
		CNMG 190616-4T NL40 («Stellram»)	
Результати стійкісних випробувань			
Фірма-виробник різальної пластини	Різальна пластина	Час роботи, хв	Знос різальної пластини, мм
«Sandvik Coromant»	CNMG 190616-PR GC4225	15	0,7
«Stellram»	CNMG 190616-4T NL25	14,83	Критичний знос
«Pramet»	CNMG 190616E-M 6630	5,78	
«Stellram»	CNMG 190616-4T NL40	3,5	

відрізняється універсальністю та може працювати у широкому діапазоні умов різання від чистової до чорнової обробки деталей зі сталі та сталевих литва, в тому числі і в умовах переривчастого різання (група використання P10–P40; найкращі результати роботи твердого сплаву відповідають групі використання P25);

– твердий сплав GC4005 виробництва фірми «Sandvik Coromant», що має тверду основу з тонким градієнтним шаром на периферії пластини та з покриттям $\text{TiCN-Al}_2\text{O}_3\text{-TiCN}$ загальною товщиною 18 мкм, отриманим методом CVD (тверда основа з тонким градієнтним шаром на периферії пластини надає різальній кромці підвищену точність, забезпечуючи здатність до опору лункоутворенню на передній поверхні та пластичній деформації);

– твердий сплав GC4015 виробництва фірми «Sandvik Coromant» зі зносостійким покриттям $\text{TiCN-Al}_2\text{O}_3\text{-TiN}$ загальною товщиною 14 мкм, отриманим методом CVD (група використання P10–P20, найкращі результати роботи твердого сплаву відповідають групі використання P15);

– твердий сплав 6610 виробництва фірми «Pramet» з товстим зносостійким покриттям з несівним шаром Al_2O_3 , нанесеним методом MT–CVD на функціонально градієнтному субстраті з низьким вмістом кобальту (група використання P10–P25).

Призначення раціональних режимів напівчистового точіння сталевих прокатних валків з великими діаметрами бочки валка різцями, оснащеними різальними пластинами вказаних марок твердих сплавів, не може базуватися лише на рекомендаціях фірм-виробників та результатах стійкісних випробувань різців. Висока енергомісткість токарної обробки прокатних валків з великими діаметрами бочки вимагає використання енергоефективних технологічних параметрів обробки, визначення яких може здійснюватись на базі стратегії, запропонованої у роботі [16].

Висновки

В статті представлені результати проведених на базі ПАТ НКМЗ стійкісних випробувань токарних різців з твердосплавними різальними пластинами зі зносостійкими покриттями провідних фірм-виробників при напівчистовій обробці валків прокатних станів з великими діаметрами бочки валка. За результатами випробувань визначені марки твердих сплавів, найбільш перспективні для використання в досліджуваній області обробки.

Перелік використаних джерел: 1. *Васильченко, Я. В.* Разработка технологических систем для обработки крупногабаритных деталей на базе адаптивных многоцелевых тяжелых станков / *Я. В. Васильченко, Т. А. Сукова, М. В. Шаповалов* // Вісник СевНТУ. 36. наук. пр. Серія : Машиноприладобудування та транспорт. Севастополь : СевНТУ. – 2013. – Вип. 139. – С. 28–32. 2. *Мироненко, Е. В.* Научные основы создания систем агрегатно-модульных инструментов для тяжелых токарных станков : дис. ... д-ра техн. наук : 05.03.01. / *Е. В. Мироненко* ; Донбасская гос. машиностроительная академия. – Краматорск, 2003. – 417 с. 3. *Верецака, А. С.* Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями / *А. С. Верецака*. – М. : Машиностроение, 1993. – 336 с. – ISBN 5-217-01482-2. 4. *Верецака, А. С.* Методологические принципы создания функциональных покрытий для режущего инструмента / *А. С. Верецака, С. Н. Григорьев, В. П. Табаков* // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2013. – № 3. – С. 18–39. 5. *Табаков, В. П.* Формирование износостойких ионно-плазменных покрытий режущего инструмента / *В. П. Табаков*. – М. : Машиностроение, 2008. – 311 с. 6. *Мацевитый, В. М.* Покрытия для режущих инструментов / *В. М. Мацевитый*. – Х. : Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1987. – 128 с. 7. *Костюк, Г. И.* Эффективный режущий инструмент с покрытием и упрочненным слоем : справочник / *Г. И. Костюк*. – К. : Антикава, 2003. – 412 с. – ISBN 966-8105-21-4. 8. *Соловьев, В. В.* Применение пластин с покрытиями при черновом точении на тяжелых токарных станках / *В. В. Соловьев, Е. В. Мироненко, В. С. Гузенко* // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия : Инженерные исследования. – № 3. – 2010. – С. 54–59. 9. *Мироненко, Е. В.* Оптимизация режимов резания при обработке на тяжелых токарных станках с учетом энергозатрат / *Е. В. Мироненко, В. С. Гузенко, Л. В. Васильева, О. Е. Мироненко* // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск : Технології в машинобудуванні. Харків : НТУ «ХПІ». – 2010. – № 40. – С. 62–70. 10. *Мироненко, Е. В.* Применение

резцов с твердосплавными режущими пластинами с износостойкими покрытиями при получистовой обработке валков прокатных станов / *Е. В. МIRONENKO, В. С. Гузенко, В. В. Калинин, В. В. Носков* // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ, вип. № 37, 2015. – С. 32–39. **11.** Pramet. Токарная обработка. – 2009. – 321 с. **12.** Руководство Sandvik Coromant по обработке металлов резанием. – 2005. – 564 с. **13.** Stellram. An Allegheny Technologies Company. Токарный инструмент. [Электронный ресурс] / Stellram. An Allegheny Technologies Company. Токарный инструмент. Режим доступа http://www.pgroup.com.ua/img/catalog/tverdosplav/Turning_ru.pdf. **14.** ISCAR. Общий каталог токарного инструмента. Russian version. – 2008. – 42 с. **15.** Как получить информацию о токарных пластинах. [Электронный ресурс] / Как получить информацию о токарных пластинах. Режим доступа http://static.tverdysplav.ru/docs/Mitsubishi/Mitsubishi_plastini_dlya_toch.pdf. **16.** МIRONENKO, Е. В. Стратегия определения энергоэффективных технологических параметров токарной обработки деталей тяжелого машиностроения / *Е. В. МIRONENKO, В. В. Калинин* // Резание и инструмент в технологических системах : Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2016. – Вып. 86. – С. 83–95.

Bibliography (transliterated): **1.** Vasilchenko, Ya. V. Razrabotka tehnologicheskikh sistem dlia obrabotki krupnogabaritnykh detalej na baze adaptivnykh mnogocelevykh tiazhelykh stankov / *Ya. V. Vasilchenko, T. A. Sukova, M. V. Shapovalov* // Visnyk SevNTU. Zb. nauk. pr. Seriya : Mashynoprylادobuduvannia ta transport. Sevastopol : SevNTU. – 2013. – Vyp. 139. – S. 28–32. **2.** Mironenko Ye. V. Nauchnyye osnovy sozdaniia sistem agregatno-modul'nykh instrumentov dlia tiazhelykh tokarnykh tankov : dis. ... d-ra tehn. nauk : 05.03.01. / *Ye. V. Mironenko* : Donbasskaja gosudarstvennaja mashinostroitel'naja akademiia. – Kramatorsk, 2003. – 417 s. **3.** Vereshchaka, A. S. Rabotosposobnost' rezhushchego instrumenta s iznosostojkimi pokrytjiami / *A. S. Vereshchaka*. – M. : Mashinostrojenije, 1993. – 336 s. – ISBN 5-217-01482-2. **4.** Vereshchaka, A. S. Metodologicheskie principy sozdaniia funkcionalnykh pokrytij dlia rezhushchego instrumenta / *A. S. Vereshchaka, S. N. Grigorjev, V. P. Tabakov* // Uprochniajushchije tehnologii i pokrytija. – 2013. – № 3. – S. 18–39. **5.** Tabakov, V. P. Formirovanije iznosostojkikh ionno-plazmennyykh pokrytij rezhushchego instrumenta / *V. P. Tabakov*. – M. : Mashinostrojenije, 2008. – 311 s. **6.** Macevityj, V. M. Pokrytija dlia rezhushchih instrumentov / *V. M. Macevityj*. – H. : Vyscha shk. Izd-vo pry Har'k. un-te, 1987. – 128 s. **7.** Kostiuk, G. I. Effektivnij rezhushchij instrument s pokrytjem i uprochnennym slojem : spravocnik / *G. I. Kostiuk*. – K. : Antikva, 2003. – 412 s. – ISBN 966-8105-21-4. **8.** Solovjev, V. V. Primenenije plastin s pokrytjiami pri chemovom tochenii na tiazhelykh tokarnykh stankah / *V. V. Solovjev, Ye. V. Mironenko, V. S. Guzenko* // Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya : Inzhenernyje issledovanija. – № 3. – 2010. – S. 54–59. **9.** Mironenko, Ye. V. Optimizacija rezhimov rezanija pri obrabotke na tiazhelykh tokarnykh stankah s uchetoм energozatrat / *Ye. V. Mironenko, V. S. Guzenko, L. V. Vasiljeva, O. Ye. Mironenko* // Visnyk Nacionalnoho tekhnichnoho universytetu «Kharkivs'kyj politekhnichnyj instytut». Zbiryk naukovykh prac'. Tematychnyj vypusk : Tekhnolohiji v mashynobuduvanni. Kharkiv : NTU «KhPI». – 2010. – № 40. – S. 62–70. **10.** Mironenko, Ye. V. Primenenije rezcov s tverdosplavnymi rezhushchimi plastinami s iznosostojkimi pokrytjiami pri poluchistovoj obrabotke valkov prokatnykh stanov / *Ye. V. Mironenko, V. S. Guzenko, V. V. Kalinichenko, V. V. Noskov* // Nadijnist' instrumentu ta optymizacija tekhnolohichnykh system». Zbiryk naukovykh prac'. – Kramators'k, vyp. № 37, 2015. – S. 32–39. **11.** Pramet. Tokarnaja obrabotka. – 2009. – 321 s. **12.** Rukovodstvo Sandvik Coromant po obrabotke metallov rezaniem. – 2005. – 564 s. **13.** Stellram. An Allegheny Technologies Company. Tokarnyj instrument. [Elektronnyj resurs] / Stellram. An Allegheny Technologies Company. Tokarnyj instrument. Rezhim dostupa http://www.pgroup.com.ua/img/catalog/tverdosplav/Turning_ru.pdf. **14.** ISCAR. Obschij katalog tokarnogo instrumenta. Russian version. – 2008. – 42 s. **15.** Kak poluchit' informaciju o tokarnykh plastinah. [Elektronnyj resurs] / Kak poluchit' informaciju o tokarnykh plastinah. Rezhim dostupa http://static.tverdysplav.ru/docs/Mitsubishi/Mitsubishi_plastini_dlya_toch.pdf. **16.** Mironenko, Ye. V. Strategija opredelenija energoefektivnykh tehnologicheskikh parametrov tokarnoj obrabotki detalej tiazhelego mashinostrojenija / *Ye. V. Mironenko, V. V. Kalinichenko* // Rezanije i instrument v tehnologicheskikh sistemah : Mezhdunar. nauch.-than. sb. – Har'kov : NTU «HPI». – 2016. – Vyp 86. – S. 83–95.